



Studying of the effect Absciscic acid and jasmonic acid treatments on morphophysiological traits of Safflower cultivars Under low irrigation treatments

SaedeH rashidy

¹ Department of Agriculture Payam Noor University, Tehran, Iran, Email: rashidi@pnu.ac.ir

Article type:

Research article

Abstract

In order to investigate the effect of low irrigation treatment and foliar application of abscisic and jasmonic acids on morphophysiological traits of safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.), an experiment was set out in a split factorial in a randomized complete block design with three replications at Shahrood University Agricultural Research Station during the two years, i.e. 2020-2021. The main factor consisted of three levels of irrigation of 100%, 75% and 50% of the plant's water requirement of safflower and sub-factor including safflower genotypes including Sinai, Goldasht, Faraman and foliar application with three levels including (0 concentration, foliar application of jasmonic acid with 0.5 mM concentration and foliar application of Absciscic acid with 20 mM concentration. The results showed that the highest relative content of leaf water (92.1 percent) chlorophyll a (1.6 mg per gram of leaf fresh weight), chlorophyll b (0.956 mg per gram of leaf fresh weight), leaf area index (3.46), grain yield (2325 kg/ha) oil percentage (27.88 percent) and oil yield (648 kg/ha) related to Sina genotype and 100% of the plant's water requirement and the least of these traits were related to the goldasht genotype and 50% of the plant's water requirement. Also, the results of this study showed that the interaction effects of genotype $\times$ deficit irrigation and genotype $\times$ foliar application were significant only on chlorophyll a and oil yield. Foliar application with abscisic acid compared to jasmonic acid had a greater effect on chlorophyll a so that in the treatment with abscisic acid the amount of chlorophyll a was 1.67 in the treatment with jasmonic acid, the level of chlorophyll a was 1.63. Also, foliar application of Jasmonic and abscisic acids increased all traits compared to the non foliar application treatment. The results of this study showed that the differences between the genotypes and also effect of foliar application of jasmonic and abscisic acids to increase of these traits were important components that could be used to select genotypes and suitable compounds to reduce undesirable effects of water stress in order to achieve increased economic performance.

Article history

Received: 06.08.2024

Revised: 23.10.2024

Accepted: 01.11.2024

Published: 22.06.2025

Keywords

Crop growth rate
Leaf area durability
Leaf area index
Oil percentage
Oil yield

Cite this article as: rashidy, S. (2025). Studying of the effect Absciscic acid and jasmonic acid treatments on morphophysiological traits of Safflower cultivars Under low irrigation treatments. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 78(2):72-87.



©The author(s)

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

مطالعه اثر تیمارهای اسید آبسیزیک و اسید جاسمونیک بر صفات مورفو فیزیولوژیک ارقام گلرنگ تحت تیمارهای کم آبیاری

سعیده رشیدی

^۱ گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، رایانامه: rashidi@pnu.ac.ir

نوع مقاله:	چکیده
مقاله پژوهشی	به منظور بررسی تیمارهای کم آبیاری و محلول پاشی با اسید جاسمونیک و اسید آبسیزیک بر برخی صفات مورفو فیزیولوژیک رقم گلرنگ آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود طی دو سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ انجام شد. در این آزمایش سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ) به عنوان فاکتور اصلی و سه رقم گلرنگ (گلدشت، فرامان و سینا) و محلول پاشی با سه سطح شامل (غلظت صفر، محلول پاشی با اسید جاسمونیک با غلظت ۰/۵ میلی مولار و محلول پاشی با اسید آبسیزیک با غلظت ۲۰ میلی مولار) به عنوان فاکتور فرعی انتخاب شدند. نتایج نشان داد که بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۹۲/۱ درصد)، کلروفیل a (۱/۶ میلی گرم برگ گرم وزن تر برگ)، کلروفیل b (۰/۹۵ میلی گرم برگ گرم وزن تر برگ)، شاخص سطح برگ (۴۶/۳)، عملکرد دانه (۲۳۲۵ کیلوگرم در هکتار)، درصد روغن (۲۷/۸۸ درصد) و عملکرد روغن (۶۴۸ کیلوگرم در هکتار) مربوط به رقم سینا و تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و کمترین میزان این صفات مربوط به رقم گلدشت و تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گلرنگ بود. برهمکنش رقم x محلول پاشی و تنش کم آبیاری در محلول پاشی تنها بر عملکرد روغن و کلروفیل a معنی دار شد. محلول پاشی با اسید آبسیزیک نسبت به اسید جاسمونیک تاثیر بیشتری بر کلروفیل a داشت به طوریکه در تیمار با اسید آبسیزیک میزان کلروفیل a ۱/۶۷ و در تیمار با اسید جاسمونیک میزان کلروفیل a ۱/۶۳ شد. محلول پاشی با اسید جاسمونیک و اسید آبسیزیک نیز موجب افزایش کلیه صفات در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی شد. نتایج نشان داد که تفاوت‌های موجود در بین رقم‌ها و همچنین تأثیر این محلول پاشی‌ها جهت افزایش میزان صفات مورد بررسی می تواند در انتخاب رقم و ترکیبات مناسب جهت کاهش اثرات نامطلوب تنش بی به منظور دستیابی به افزایش تولید از آنها استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی:

دوام سطح برگ
درصد روغن
سرعت رشد محصول
شاخص سطح برگ
عملکرد روغن

استناد: رشیدی، سعیده (۱۴۰۴). مطالعه اثر تیمارهای اسید آبسیزیک و اسید جاسمونیک بر صفات مورفو فیزیولوژیک ارقام گلرنگ

تحت تیمارهای کم آبیاری. فیزیولوژی محیطی گیاهی، ۷۸(۲): ۷۲-۸۷

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی گرگان

© نویسندگان.



مقدمه

با توجه به مشکلات موجود در صنعت روغن‌های نباتی در داخل و اینکه بیش از ۹۳ درصد از نیاز مصرفی به روغن (به صورت دانه‌های روغنی و روغن خام) از طریق واردات تأمین می‌شود، لازم است تلاش‌های گسترده‌ای در جهت بهبود شرایط از جمله به کاربرد منابع روغنی جدید همچنین اصلاح این منابع روغنی به منظور دستیابی به بازدهی و کیفیت مطلوب تر از نظر تغذیه‌ای و عملکردی انجام شود (Ahmadzadeh et al., 2019). خشکی به عنوان یک تنش چند بعدی، اثرات متنوعی روی گیاهان دارد و بسیاری از ویژگی‌های مورفولوژیکی و فرایندهای فیزیولوژیکی مرتبط با رشد و توسعه گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این تنش با کاهش پتانسیل آب سلول و آماس در گیاهان، باعث افزایش غلظت املاح در مایعات درون سلولی و برون سلولی می‌شود. تحت تنش توسعه سلول کند و یا متوقف می‌شود و رشد گیاه به تأخیر می‌افتد در خشکی طولانی مدت، بسیاری از گیاهان آب خورا از دست می‌دهند و از بین می‌روند (Lisar et al., 2012). عوامل محدود کننده فتوسنتز در تنش خشکی در دو گروه عوامل محدود کننده روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای قرار می‌گیرند. از عوامل محدود کننده غیر روزنه‌ای می‌توان به کاهش و یا توقف سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها اشاره کرد (Oliviera-Neto et al., 2019). به نظر می‌رسد که کاهش غلظت کلروفیل به دلیل اثر کلروفیل‌لاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی و در نتیجه تجزیه کلروفیل باشد (Silva et al., 2007). تنش کم آبیاری محتوای روغن دانه و محتوای اسیدهای چرب اشباع پالمیتیک و اسید استئاریک را کاهش می‌دهد. بنابراین رژیم‌های مناسب آبیاری می‌تواند اثر برجسته‌ای بر کیفیت روشن استخراج شده از دانه داشته (Ashrafi and Razmjoo, 2010).

افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی از راههای مختلف به نژادی و استفاده از تنظیم کننده‌های رشد، عملی است. در مقایسه با روش‌های به نژادی که اغلب بلند مدت و هزینه بر هستند، استفاده از مواد شیمیایی مانند اسید آبسزیک و اسید جاسمونیک آسان تر و ارزان تر است (Abaspor and Rzaei, 2014). یکی از راه‌های افزایش تحمل گیاهان به تنش‌ها، بالابردن میزان مواد آنتی اکسیدان درون سلولی مانند اسید آبسزیک است. اسید آبسزیک از مهم ترین ضد اکسیدان‌های گیاهی است که در بسیاری از فرایندهای سلولی مانند فتوسنتز، حفاظت نوری و مقاومت به تنش‌های محیطی نقش اساسی دارد (Shigeoka et al., 2012). این ماده به عنوان سوسترای اولیه در سم زدایی گونه‌های فعال اکسیژن از قبیل هیدروژن پراکسید و غیره نقش دارد. گزارش شده است که اسید آبسزیک موجب بالابردن تحمل گیاهان در برابر سرمازدگی، تنش شوری و خشکی می‌شود و از طریق ارتباط با سلول و چربی‌های غشایی در گیاهان، نقش به سزایی در افزایش پایداری غشا و افزایش مقاومت گیاهان در برابر از دست دادن آب و تنش کم آبی دارد. اسید آبسزیک با پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن سبب کاهش خسارت به اسیدهای چرب و پروتئین‌ها می‌شود و در نتیجه اثر مخرب تنش را کاهش می‌دهد. به طور مثال مصرف اسید آبسزیک در گیاه کلزا سبب افزایش فعالیت آنتی اکسیدان‌ها و کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی بر عملکرد گیاه مذکور گردیده است (Dolatabadian et al., 2009). جاسمونیک اسید از جمله مواد تنظیم کننده رشد گیاهی است که از طریق افزایش ذخیره کلروفیل و در نتیجه افزایش مقدار فتوسنتز خالص، موجب تحمل به تنش خشکی در گیاهان می‌گردد (Matrin et al., 2002). تحت شرایط تنش خشکی جاسمونیک اسید باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ و نیز افزایش میزان اسید آبسزیک و اسمولیت‌های داخلی

گیاه می شود. این ترکیب همچنین در افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی نظیر سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز نقش دارد (Wu et al., 2012).

با توجه به اهمیت گیاه گلرنگ از نظر کمیت و کیفیت روغن، کاربردهای متنوع آن در صنایع روغن کشی، رنگرزی و مصارف دارویی به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد در واحد سطح در شرایط کم آبیاری راهکار مناسبی برای دستیابی به افزایش تولید این گیاه و بهبود شرایط اقتصادی کشاورزان باشد. همچنین کشت گیاهانی مانند گلرنگ تحت تنش‌های محیطی در صورتی مقرون به صرفه است که موادشیمیایی یا تنظیم کننده‌های رشدی به صورت استعمال خارجی برای جبران خسارت حاصل از تنش مورد استفاده قرار گیرند. لذا در مقایسه با روش‌های به نژادی که اغلب بلند مدت و هزینه بر هستند، استفاده از مواد شیمیایی شامل اسید آبسازیک، اسید جاسمونیک و سایر ترکیبات آسان تر، ارزان تر و زود بازده تر هستند. لذا این تحقیق با هدف بررسی اثرات تنش خشکی روی برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی، میزان روغن و عملکرد دانه گلرنگ و نقش اسید جاسمونیک و اسید آبسازیک به عنوان تعدیل کننده اثرات زیان بار تنش خشکی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

جهت مطالعه اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد گلرنگ آزمایش به صورت اسپلش فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کاملاً تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی شاهرود در موقعیت جغرافیایی عرض ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۷۵ دقیقه شمالی با متوسط بارندگی سالانه حدود ۱۵۵ میلی متر با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا انجام گردید. فاکتور

اصلی شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبیاری گیاه گلرنگ) که تیمارهای کم آبیاری گلرنگ از مرحله ساقه روی اعمال شد و فاکتور فرع اول آزمایش شامل سه رقم گلرنگ (گلدهشت، فرامان و سینا) بود. فاکتور دوم مربوط به سه سطح محلول پاشی شامل (غلظت صفر، محلول پاشی با اسید جاسمونیک با غلظت ۰/۵ میلی مولار و محلول پاشی با اسید آبسازیک با غلظت ۲۰ میلی مولار) بود که در مرحله کمی قبل از گلدهی گلرنگ انجام گرفت که توسط سمپاش دستی تا زمان جاری شدن قطره‌های محلول مورد استفاده بر روی برگهای گیاه ادامه یافت. قبل از آماده سازی زمین، ۱۰ نمونه خاک به صورت زیگزاگ از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری مزرعه برداشت و با یکدیگر مخلوط شدند سپس یک نمونه مرکب خاک از آنها تهیه شده و جهت به دست آوردن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به آزمایشگاه ارسال گردید نتیجه تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

هر کرت شامل نه خط کاشت به طول سه متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف پنج سانتی متر و تراکم بوته در هر کرت ۴۰ بوته در متر مربع بود. کشت در اوایل اردیبهشت و پس از رسیدن رطوبت مزرعه به حد ظرفیت زراعی و تأمین دمای پایه برای جوانه زنی بذرهای گلرنگ انجام شد. کلیه عملیات داشت شامل مبارزه با علف‌های هرز و آفات، سله شکنی به صورت دستی به موقع اجرا شد. تغذیه گیاه گلرنگ براساس توصیه آزمون خاک (کود پایه: ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل) و همچنین ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع کود اوره حاوی ۴۶ درصد نیتروژن خالص) در سه نوبت نوبت اول زمان دو تا چهار برگی، نوبت دوم زمان ساقه دهی و نوبت سوم زمان گلدهی) بود.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

خصوصیات فیزیکی					خصوصیات شیمیایی	
۱۷ درصد رس، ۶۲ درصد سیلت و ۴۱ درصد شن					پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)
لومی‌رسی					۲۹۶	۷/۱
					PH	نیترژن (%)
					۷/۷۰	۰/۰۹
					EC (ds/m)	
					۱/۱	

آبیاری کرت‌های آزمایش تا قبل از اعمال تیمار کم آبیاری بر حسب شرایط آب و هوایی و تخلیه رطوبتی خاک، و بر اساس تخلیه آب سهل الوصول که میزان آن برابر ۶۵ درصد آب قابل دسترس بود انجام شد. نیاز آبی گیاه بر پایه اندازه گیری تغییرات رطوبت خاک با دستگاه رطوبت سنج تناپروب مدل SM ۳۰۰ برآورد شد. با استفاده از این دستگاه میزان رطوبت خاک تعقیب شده و زمان رسیدن به حد رطوبت تخلیه مجاز (Management Available Deficit) مشخص گردید. تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب به میزان ۷۰ و ۵۰ درصد آب مصرفی تیمار شاهد، آب دریافت کردند. مقدار رطوبت MAD طبق رابطه ۱ محاسبه شد.

$$\Theta_{MAD} = \Theta_{FC} - (\Theta_{FC} - \Theta_{PWP}) \text{ MAD} \quad \text{رابطه ۱:}$$

در این رابطه Θ_{FC} = رطوبت حجمی در ظرفیت زراعی مزرعه Θ_{PWP} (%) = رطوبت حجمی در نقطه پژمردگی دائم (%) = MAD = ضریب تخلیه مجاز است. زمانی که رطوبت خاک به حد پایینی رطوبت سهل الوصول (Θ_{MAD}) رسید، عمق آب آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک مطابق با رابطه ۲ اعمال شد.

$$d = (\Theta_{FC} - \Theta_{soil}) D \quad \text{رابطه ۲:}$$

$$V = d \times A \times 1000 \quad \text{رابطه ۳:}$$

در این رابطه d = عمق آب مورد نیاز (m)، D : عمق مؤثر ریشه گیاه (m)، Θ_{soil} رطوبت خاک پیش از آبیاری (m/m)، A سطح کرت (m^2)، V حجم آبیاری (L) است. جهت اندازه گیری روغن دانه، مقدار ۲ گرم نمونه آسیاب و خشک شده مربوط به هر کرت، توسط دستگاه سوکسله به مدت ۱۶ ساعت در مجاورت حلال پترولیوم اتر مورد استخراج روغن

قرار گرفت و پس از توزین توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم، مقدار روغن نمونه هر کرت براساس ماده خشک به صورت درصد تعیین گردید (Asghari and Gharibi asl, 2016). عملکرد روغن از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن به دست آمد. به منظور تعیین شاخص‌های رشد، نمونه برداری اول یک ماه بعد از کاشت صورت گرفت و نمونه برداری‌های بعدی با فواصل هر ۱۰ روز یکبار تا مرحله بلوغ فیزیولوژیک بوته‌های گلرنگ صورت پذیرفت. مساحت برگ بوته‌ها توسط عکس برداری اسکن و محاسبه با نرم‌افزار Image processing اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری وزن خشک اندام هوایی گیاه بافت‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد درون آون قرار گرفتند. با اندازه گیری‌های فوق و رابطه‌های زیر شاخص‌های سرعت رشد محصول (Crop Growth Rate) رابطه ۴، شاخص سطح برگ (Leaf Area Index) رابطه ۵، محاسبه شد.

$$CGR = (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1) GA \quad \text{رابطه ۴:}$$

$$LAI = LA / GA \quad \text{رابطه ۵:}$$

GA سطح زمین اشغال شده توسط گیاه، W وزن خشک گیاه و T زمان نمونه برداری است.

به منظور تعیین محتوای نسبی آب برگ، برگ‌ها به قطعات یک سانتی متری تقسیم شدند و وزن تر آنها تعیین گردید. سپس قطعات برگ ۱۸-۱۶ ساعت در دمای اتاق (تقریباً ۲۰ درجه سانتی گراد) در داخل آب مقطر قرار داده شدند. پس از این مدت وزن قطعات برگ تعیین گردید. آنگاه قطعه‌های برگ به مدت ۴۸ ساعت در آون ۱۰ درجه سانتی گراد قرار گرفته و

وزن خشک آنها نیز اندازه‌گیری شد. در نهایت مقدار محتوای نسبی آب برگ از رابطه زیر به دست آمد (Barrsu and Weatherley, 1962).

رابطه ۶:

$$100 \times [(وزن تر - وزن خشک) / (وزن آماس وزن$$

$$RWC\% = [خسک]$$

میزان کلروفیل با استفاده از روش بدون لهیدگی صورت گرفت. نمونه‌های برگ ۰/۵ گرم در ۵ میلی لیتر از دی متیل سولفوکسید در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۴ ساعت قرار داده شدند. سپس با دستگاه اسپکتروفتومتر مقدار کلروفیل تعیین شد. میزان جذب در طول موجهای ۱۶۵، ۱۴۵ نانومتر ثبت گردید و با رابطه ۷ و ۸ میزان کلروفیل a و b محاسبه گردید (Procha zka et al., 1998)

$$\text{رابطه ۷: } Chla = (12.19 A665) - (3.45 A645)$$

$$\text{رابطه ۸: } Chlb = (21.99 A645) - (5.32 A665)$$

تجزیه واریانس صفات با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹) انجام گرفت و میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم افزار SAS مورد مقایسه قرار گرفتند. رسم جداول نیز توسط نرم افزارهای Excel و Word صورت گرفت.

نتایج

محتوای نسبی آب برگ: نتایج نشان داد که اثرات ساده سال، تیمارهای کم آبیاری، رقم، محلول پاشی و اثر برهمکنش تیمار کم آبیاری $\times$ رقم بر میزان محتوای نسبی آب برگ معنی دار شد و مابقی اثرات دوگانه و سه گانه برمحتوای نسبی آب معنی دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین نتایج نشان داد که در تیمار کم آبیاری بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ (۹۲/۱ درصد) مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گلرنگ و رقم سینا و کمترین میزان آن (۵۹/۳۸ درصد) مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گلرنگ و رقم گلدشت بود. میزان محتوای نسبی آب برگ در رقم سینا نسبت

به رقم فرامان و گلدشت در شرایط کم آبیاری بیشتر بود. دلیل محتوای نسبی آب برگ بالاتر در رقم سینا نسبت به سایر رقم‌ها می‌تواند به علت وجود سازوکارهای حفظ آب از طریق کاهش تعرق روزنه‌ای باشد (جدول ۳). در اثر محلول پاشی بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ به ترتیب مربوط به محلول پاشی با اسید آسبیزیک (۷۷/۴۹) و محلول پاشی با اسید جاسمونیک (۷۶/۷۵) و کمترین آن مربوط به تیمار بدون محلول پاشی (۷۲/۸۵) بود (جدول ۶).

محتوای کلروفیل: اثرات ساده سال، تیمارهای کم آبیاری، رقم و محلول پاشی بر میزان کلروفیل a و کلروفیل b معنی دار شد و اثر برهمکنش تنش کم آبیاری $\times$ رقم تنها بر کلروفیل a معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان کلروفیل a (۱/۶۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از رقم سینا و تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و کمترین میزان آن (۰/۹۴ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از رقم گلدشت و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری به دست آمد (جدول ۳). میزان کلروفیل a در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری و رقم گلدشت ۴۴/۳۷ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و رقم سینا کاهش یافت (جدول ۳). برهمکنش تیمار کم آبیاری $\times$ محلول پاشی و همچنین برهمکنش رقم $\times$ محلول پاشی بر کلروفیل a معنی دار شد (جدول ۲). تحت تأثیر برهمکنش تیمار کم آبیاری به محلول پاشی بیشترین میزان کلروفیل a از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و محلول پاشی با اسید آسبیزیک با غلظت ۲۰mM و کمترین آن از تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبیاری و تیمار بدون محلول پاشی به دست آمد (جدول ۴). نتایج نشان داد که میزان کلروفیل a در تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبیاری و بدون محلول پاشی ۰/۷۱ درد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و محلول پاشی با اسید آسبیزیک کاهش یافت (جدول ۴).

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله برخی از صفات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی رقم‌های گلرنگ

منابع تغییرات	df	محتوای نسبی آب برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	حداکثر شاخص سطح برگ
سال	۱	۲۵/۲۲*	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۵۴**
تکرار(سال)	۴	۲۰/۴۲	۰/۳۳۵	۰/۱۲	۶/۹۵
تنش کم آبی	۲	۹۰۰۵/۶۱**	۳/۶۷**	۱/۹۷**	۷/۰۴**
سال × تنش کم آبی	۲	۱/۵۸ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۲/۰۲ ^{ns}	۰/۱*
خطای اصلی	۸	۳۷/۳۷	۰/۰۲۶	۰/۰۱۶	۰/۰۲
رقم	۲	۴۸۶/۱۸**	۰/۷۰**	۰/۷۵**	۱۴/۱۶**
سال × رقم	۲	۱/۴۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{ns}	۰/۱۲*
تنش کم آبی × رقم	۴	۲۸/۳۴**	۰/۰۱۱*	۰/۰۲۴*	۰/۱۴**
سال × تنش کم آبی × رقم	۴	۲/۴۵ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
محلول پاشی	۴	۳۳۶**	۰/۰۱۱**	۰/۳**	۱/۱۲**
سال × محلول پاشی	۲	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
تنش کم آبی × محلول پاشی	۲	۰/۹۶ ^{ns}	۰/۰۱۵*	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
سال × تنش کم آبی × محلول پاشی	۴	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
رقم × محلول پاشی	۴	۶/۸۲ ^{ns}	۰/۰۲۱**	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
سال × رقم × محلول پاشی	۴	۲/۵۵ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۲۷ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}
تنش کم آبی × رقم × محلول پاشی	۸	۳/۸۳ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
سال × تنش کم آبی × رقم × محلول پاشی	۸	۲/۴۷ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
اشتباه فرعی	۹۵	۴/۴۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۳
ضریب تغییرات		۲/۷۸	۵/۴۸	۱۲/۵۸	۶/۷۲

ns عدم تفاوت معنی‌دار و * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

ادامه جدول ۲ -

منابع تغییرات	df	حداکثر سرعت رشد محصول	درصد روغن	عملکرد	عملکرد دانه
سال	۱	۴۶/۹۰*	۰/۵ ^{ns}	۱۳۲/۶۳ ^{ns}	۳۱۶/۰۸**
تکرار(سال)	۴	۱۷۷۷/۱۵	۲/۳۶	۹۹۲/۱۰	۷۸۰۱/۸۸**
تنش کم آبی	۲	۲۱۰۴/۵۵**	۸/۴۳**	۹۶۲۳۸/۸۳**	۸۳۱۹۲۴/۳۷**
سال × تنش کم آبی	۲	۰/۵۵ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}	۱۴/۶۱ ^{ns}	۴۱۹۱/۱۹*
خطای اصلی	۸	۴۰/۱۶	۰/۴۱	۱۴۰/۰۳	۱۶۶۴/۹۹
رقم	۲	۱۷۶۴/۶۰**	۸۱/۲**	۲۰۹۷۲/۷۱**	۱۷۱۸۶۳/۷۷**
سال × رقم	۲	۱/۶۰ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۶/۷۵ ^{ns}	۱۲۶۸/۰۱*
تنش کم آبی × رقم	۴	۳۱/۴۸**	۰/۶*	۴۶۶/۶۳*	۴۶۰۹/۲۱**
سال × تنش کم آبی × رقم	۴	۰/۵۹ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۸/۸۴ ^{ns}	۲۹۳۴۳۴/۳۱ ^{ns}
محلول پاشی	۴	۲۲۹/۰۹**	۳/۵۵**	۱۷۰۱۴/۷۹**	۱۹۶۴۷۷/۸۶**
سال × محلول پاشی	۲	۰/۴۳ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۴/۷۲ ^{ns}	۶۲۷/۳۶ ^{ns}
تنش کم آبی × محلول پاشی	۲	۸/۵۷ ^{ns}	۰/۴۲*	۱۳۹/۵۰ ^{ns}	۶۹۲/۶۹ ^{ns}
سال × تنش کم آبی × محلول پاشی	۴	۰/۵۰ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۸/۱۲ ^{ns}	۷۵۲/۶۹ ^{ns}
رقم × محلول پاشی	۴	۷/۱۲ ^{ns}	۰/۱۱**	۳۳۹/۸۲ ^{ns}	۱۰۰۹/۲۸ ^{ns}
سال × رقم × محلول پاشی	۴	۱/۴۷ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۵/۶۸ ^{ns}	۶۶۶/۱۹ ^{ns}
تنش کم آبی × رقم × محلول پاشی	۸	۱/۳۴ ^{ns}	۰/۱۷ ^{ns}	۱۰/۶۰ ^{ns}	۲۵۰/۲۸ ^{ns}
سال × تنش کم آبی × رقم × محلول پاشی	۸	۱/۹۲ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۷/۵۹ ^{ns}	۵۹۲/۷۷ ^{ns}
اشتباه فرعی	۹۵	۶/۴۱	۰/۱۹	۲۹/۷۶ ^{ns}	۱۱۶۸/۷۲
ضریب تغییرات		۸/۳۸	۲/۸۶	۳/۳۶	۲/۲۵

ns عدم تفاوت معنی‌دار و * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

همچنین تحت برهمکنش تیمار رقم $\times$ محلول پاشی بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به رقم سینا و محلول پاشی با اسید آبسازیک و کمترین آن مربوط به رقم گلدشت و تیمار بدون محلول پاشی بود (جدول ۵). به طوریکه میزان کلروفیل a در رقم گلدشت و بدون محلول پاشی ۲۳/۵۲ درصد در مقایسه با رقم سینا و محلول پاشی با اسید آبسازیک کاهش یافت (جدول ۲).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین بیشترین میزان کلروفیل b (۰/۹۵ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) در رقم سینا و کمترین آن (۰/۳۸ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلدشت و رقم گلدشت بود (جدول ۳). در اثر محلول پاشی بیشترین میزان کلروفیل b به ترتیب مربوط به محلول پاشی با اسید آبسازیک و محلول پاشی با جاسمونیک و کمترین آن مربوط به تیمار بدون محلول پاشی بود و میزان کلروفیل b در اثر محلول پاشی با اسید آبسازیک ۲۰/۵۴ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی افزایش یافت (جدول ۶).

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش کم آبیاری و رقم بر برخی صفات فیزیولوژیکی، شاخص‌های رشد، درصد روغن و عملکرد روغن

آبیاری	رقم	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)	حداکثر شاخص سطح برگ
۱۰۰ درصد نیاز آبی	سینا	۹۲/۱ ^a	۱/۶ ^a	۰/۹۵ ^a	۳/۴۶ ^a
	فرامان	۸۹/۰۵ ^b	۱/۵۶ ^b	۰/۸۹ ^a	۳/۱۶ ^b
	گلدشت	۸۹۳/۶۹ ^c	۱/۴۹ ^c	۰/۸۴ ^b	۳/۸۲ ^c
۷۵ درصد نیاز آبی	سینا	۷۸/۲۵ ^d	۱/۵۵ ^b	۰/۸۰ ^b	۲/۹۲ ^c
	فرامان	۷۶/۲۶ ^e	۱/۴۶ ^c	۰/۷۰ ^c	۲/۵۹ ^d
	گلدشت	۷۴/۵۸ ^f	۱/۳۱ ^d	۰/۶۴ ^d	۲/۱۲ ^f
۵۰ درصد نیاز آبی	سینا	۶۵/۳۲ ^g	۱/۱۸ ^e	۰/۵۵ ^e	۲/۳۸ ^e
	فرامان	۶۲/۷۳ ^h	۱/۱ ^f	۰/۴۵ ^f	۱/۲ ^f
	گلدشت	۵۹/۳۸ ⁱ	۰/۹۴ ^g	۰/۳۸ ^g	۱/۶۱ ^g

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

ادامه جدول ۳-

آبیاری	رقم	حداکثر سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع بر روز)	درصد روغن	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
۱۰۰ درصد نیاز آبی	سینا	۳۹/۹۵ ^a	۲۷/۸۸ ^a	۲۳۲۵ ^a	۶۴۸ ^a
	فرامان	۳۵/۳۳ ^b	۲۷/۴۷ ^b	۲۲۸۲ ^b	۶۱۶ ^b
	گلدشت	۲۸/۲۴ ^d	۲۵/۲۴ ^e	۱۲۴ ^c	۴۸۱ ^d
۷۵ درصد نیاز آبی	سینا	۳۲/۷۱ ^c	۲۷/۳۴ ^b	۲۰۲۰ ^d	۵۴۵ ^c
	فرامان	۲۷/۵۴ ^d	۲۷/۰۸ ^c	۱۵۲۳ ^e	۴۱۱ ^e
	گلدشت	۲۱/۹۰ ^e	۲۵/۲۶ ^e	۱۶۲۴ ^f	۴۰۶ ^f
۵۰ درصد نیاز آبی	سینا	۲۶/۳۲ ^d	۲۶/۷۷ ^d	۱۵۹۱ ^g	۴۱۳ ^d
	فرامان	۲۱/۱۳ ^e	۲۶/۷۰ ^d	۱۵۰۱ ^h	۳۰۹ ^e
	گلدشت	۱۶/۶۲ ^f	۲۴/۷۸ ^f	۱۰۲۰ ⁱ	۲۴۴ ^f

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

جدول ۴: مقايسه ميانگين اثرات متقابل تنش كم آبيارى و محلول پاشى بر كلروفيل a و عملکرد روغن

آبيارى	محلول پاشى	كلروفيل a (ميلي گرم بر گرم وزن تر برگ)	عملکرد روغن (كيلوگرم در هكتار)
۱۰۰ درصد نياز آبي	بدون محلول پاشى	۱/۴۵ ^c	۴۱۵ ^b
	اسيد آبيزيك	۱/۶۷ ^a	۴۵۴ ^a
	اسيد جاسمونيك	۱/۶۳ ^a	۴۵۵ ^a
۷۵ درصد نياز آبي	بدون محلول پاشى	۱/۳۶ ^d	۳۸۰ ^d
	اسيد آبيزيك	۱/۵۱ ^b	۴۱۳ ^b
	اسيد جاسمونيك	۱/۴۵ ^c	۴۰۸ ^c
۵۰ درصد نياز آبي	بدون محلول پاشى	۰/۹۹ ^f	۳۴۱ ^g
	اسيد آبيزيك	۱/۱۲ ^e	۳۷۰ ^e
	اسيد جاسمونيك	۱/۱۱ ^e	۳۶۴ ^f

ميانگين هاى هر ستون كه داراى حروف مشترك هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنى دار ندارند.

جدول ۵: مقايسه ميانگين اثرات متقابل رقم و محلول پاشى بر كلروفيل a و عملکرد روغن

ژنوتپ	محلول پاشى	كلروفيل a (ميلي گرم بر گرم وزن تر برگ)	عملکرد روغن (كيلوگرم در هكتار)
سينا	بدون محلول پاشى	۱/۴۸ ^b	۴۳۳ ^b
	اسيد آبيزيك	۱/۵۳ ^a	۴۷۳ ^a
	اسيد جاسمونيك	۱/۵۱ ^a	۴۷۰ ^a
فرامان	بدون محلول پاشى	۱/۳۹ ^d	۳۸۸ ^e
	اسيد آبيزيك	۱/۴۸ ^b	۴۲۰ ^c
	اسيد جاسمونيك	۱/۴۳ ^c	۴۱۶ ^d
گلدشت	بدون محلول پاشى	۱/۱۷ ^f	۳۱۶ ^h
	اسيد آبيزيك	۱/۲۹ ^e	۳۴۵ ^f
	اسيد جاسمونيك	۱/۲۷ ^e	۳۴۰ ^g

ميانگين هاى هر ستون كه داراى حروف مشترك هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنى دار ندارند.

جدول ۶: مقايسه ميانگين اثرات ساده تيمار محلول پاشى بر برخى از شاخص هاى رشد، درصد روغن و عملکرد دانه

محلول پاشى	محتواى نسبى آب برگ (درصد)	كلروفيل b (ميلي گرم بر گرم وزن تر برگ)	حداكثر شاخص سطح برگ	حداكثر سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع بر روز)	درصد روغن	عملکرد دانه (كيلوگرم در هكتار)
بدون محلول پاشى	۷۲/۸۵ ^b	۰/۵۸ ^c	۲/۵۵ ^b	۲۷/۸۲ ^b	۲۶/۲۱ ^b	۱۹۲۳ ^b
اسيد جاسمونيك	۷۶/۷۵ ^a	۰/۶۸ ^b	۲/۷۹ ^a	۳۱/۲۲ ^a	۲۶/۵۹ ^a	۱۹۹۸ ^a
اسيد آبيزيك	۷۷/۴۹ ^a	۰/۷۳ ^a	۲/۸۱ ^a	۳۱/۵۳ ^a	۲۶/۷۰ ^a	۲۰۱۲ ^a

ميانگين هاى هر ستون كه داراى حروف مشترك هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنى دار ندارند.

حداكثر سرعت رشد گياه (قبل از گلدهى معنى دار بود، اما اثرات ساده سال تنها بر شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول معنى دار شد (جدول ۲). نتايج

شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول: اثرات ساده تيمارهاى كم آبيارى، رقم و محلول پاشى بر شاخص سطح برگ (قبل از گلدهى) و

نشان داد که اثر برهمکنش تیمار کم آبیاری و رقم بر حداکثر شاخص سطح برگ و حداکثر سرعت رشد محصول معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین نتایج نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۴۶) و سرعت رشد محصول (۳/۹۵ گرم بر متر مربع بر روز) مربوط به رقم سینا و رژیم آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گلرنگ و کمترین میزان شاخص سطح برگ (۱/۶۱) و سرعت رشد محصول (۱۶/۶۲ گرم بر متر مربع بر روز) مربوط به رقم گلدشت و ۵۰ درصد نیاز آبیاری بود (جدول ۴). میزان شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری و رقم گلدشت به ترتیب ۵۳/۴۶ درصد و ۵۸/۳۹ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و رقم سینا کاهش یافتند (جدول ۴). بیشترین شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول مربوط به محلول پاشی با اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰mM و کمترین آن مربوط به تیمار بدون محلول پاشی بود (جدول ۲). میزان شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در محلول پاشی با اسید آسبیزیک به ترتیب ۱۰/۱۹ درصد و ۱۱/۷۶ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی افزایش یافتند. تفاوت معنی داری از نظر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول طی محلول پاشی با اسید جاسمونیک در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی وجود داشت.

درصد روغن: اثرهای ساده سال، تنش کم آبی، رقم و محلول پاشی و برهمکنش تیمار کم آبیاری و رقم بر درصد روغن معنی دار بود (جدول ۲). به طوریکه بیشترین درصد روغن (۲۷/۸۸) از رقم سینا و رژیم آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و کمترین میزان درصد روغن (۲۴/۷۸) از رقم گلدشت و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری به دست آمد (جدول ۳). میزان درصد روغن در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری و رقم گلدشت ۱۱/۱۱ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد

نیاز آبیاری و رقم سینا کاهش یافت (جدول ۳). در اثر محلول پاشی بیشترین درصد روغن دانه از محلول پاشی با اسید آسبیزیک با غلظت ۲۰mM و کمترین آن از تیمار بدون محلول پاشی به دست آمد (جدول ۶). همچنین نتایج نشان داد که تفاوت معنی داری از نظر درصد روغن دانه در تیمار محلول پاشی با اسید جاسمونیک و تیمار بدون محلول پاشی وجود دارد (جدول ۶).

عملکرد دانه: اثرات ساده سال، تیمار کم آبیاری، رقم و محلول پاشی بر عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که برهمکنش تنش کم آبیاری و رقم بر عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه (۲۳۲۵ کیلوگرم در هکتار) از رقم سینا و تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و کمترین میزان عملکرد دانه (۱۰۲۰ کیلوگرم در هکتار) از رقم گلدشت و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری به دست آمد (جدول ۳). میزان عملکرد دانه در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری و رقم گلدشت ۵۶/۱۲ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و رقم سینا کاهش یافت (جدول ۳). در تیمار محلول پاشی بیشترین عملکرد دانه (۲۰۱۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به محلول پاشی با اسید آسبیزیک و کمترین آن (۱۹۲۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار بدون محلول پاشی بود (جدول ۶). به طوریکه محلول پاشی با اسید آسبیزیک موجب افزایش عملکرد دانه به میزان ۴/۴۲ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی شد (جدول ۶).

عملکرد روغن: اثرات ساده سال، رقم، تیمار کم آبیاری و محلول پاشی بر عملکرد روغن معنی دار شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که اثر برهمکنش تنش کم آبیاری و رقم بر عملکرد روغن معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد روغن (۶۴۸ کیلوگرم در هکتار) از رقم سینا و تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گلرنگ و کمترین میزان عملکرد روغن (۲۴۴ کیلوگرم

با رقم گلدشت موجب تفاوت معنی دار عملکرد روغن این دو رقم با رقم گلدشت شده است.

بحث

گلرنگ (*Carthanas tinctorius* L) به علت دارا بودن بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع، خصوصیه اسید لینولئیک و اسید اولئیک می تواند نقش مهمی در گسترش سطح زیر کشت گیاهان روغنی و تأمین دانه های روغنی در کشور داشته باشد (Ashrafi and Razmjoo, 2010). خشکی یکی از مهم ترین تنش های غیر زنده ایجاد کننده خسارت در گیاهان و به عنوان مهم ترین عامل محدودکننده رشد و تولید شناخته شده است (Fanaei and piri, 2017).

در این پژوهش میزان محتوای نسبی آب برگ در رقم سینا نسبت به رقم فرامان و گلدشت در شرایط کم آبیاری بیشتر بود. دلیل محتوای نسبی آب برگ بالاتر در رقم سینا نسبت به سایر رقم ها می تواند به علت وجود سازوکارهای حفظ آب از طریق کاهش تعرق روزنه ای باشد. احتمالاً وجود خار بر روی برگ های این رقم، سبب بازتابش میزانی از نور دریافتی توسط برگ ها شده و دریافت انرژی کمتر، سبب تعدیل دمای برگ ها گردیده که نتیجه آن کاهش تعرق از سطح برگ است در نتیجه رطوبت بیشتری در برگ ها باقی مانده و در نتیجه محتوای نسبی آب برگ این رقم بیشتر بوده است. تفاوت محتوای رطوبت نسبی بین رقم های گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی توسط Zafary و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش شده است. برخی مطالعات حاکی از قابل اطمینان بودن محتوای نسبی آب برگ به عنوان شاخص تحمل به خشکی است (Sinclair et al., 1985). زیرا بین میزان محتوای نسبی آب برگ با سرعت تعرق ارتباط وجود دارد و از این رو این صفت در موارد زیادی، جهت تعیین اختلاف رقم از نظر تحمل به خشکی استفاده می شود

در هکتار) از رقم گلدشت و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری به دست آمد (جدول ۳). میزان عملکرد روغن در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری و رقم گلدشت ۶۲/۳۴ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و رقم سینا کاهش یافت (جدول ۳). برهمکنش تیمار آبیاری و محلول پاشی و همچنین اثر متقابل رقم و محلول پاشی بر عملکرد روغن معنی دار شد (جدول ۲). تحت تأثیر برهمکنش تیمار کم آبیاری و محلول پاشی بیشترین عملکرد روغن از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و محلول پاشی با اسید آبسزیک با غلظت ۲۰mM و کمترین آن از تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی و تیمار بدون محلول پاشی به دست آمد (جدول ۴). نتایج نشان داد که عملکرد روغن در تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبیاری و بدون محلول پاشی ۱۷/۸۳ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و محلول پاشی با اسید آبسزیک کاهش یافت (جدول ۴). همچنین تحت برهمکنش تیمار رقم و محلول پاشی بیشترین عملکرد روغن مربوط به رقم سینا و محلول پاشی با اسید آبسزیک و کمترین آن مربوط به رقم گلدشت و تیمار بدون محلول پاشی بود (جدول ۴). به طوریکه عملکرد روغن در رقم گلدشت و بدون محلول پاشی ۳۳/۱۹ درصد در مقایسه با ژنوتیپ سینا و محلول پاشی با اسید آبسزیک کاهش یافت (جدول ۵). نتایج این پژوهش نشان داد که محلول پاشی با اسید جاسمونیک در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی، موجب افزایش عملکرد روغن شد (جدول ۵). با در نظر گرفتن اینکه عملکرد روغن از حاصل ضرب عملکرد دانه و درصد روغن حاصل می شود می توان دریافت که علت کاهش عملکرد روغن به علت کاهش درصد و عملکرد روغن تحت تیمارهای کم آبیاری بوده است. این احتمال وجود دارد که تفاوت معنی دار درصد روغن و به خصوص عملکرد دانه در رقم های سینا و فرامان

(Sinclair et al., 1985). بنا بر نتایج این مطالعه محلول پاشی با اسید جاسمونیک و اسید آبسازیک محتوای نسبی آب برگ را تحت شرایط تنش کم آبیاری افزایش داد. در اثر محلول پاشی بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ به ترتیب مربوط به محلول پاشی با اسید آبسازیک (۷۷/۴۹) و محلول پاشی با اسید جاسمونیک (۷۶/۷۵) و کمترین آن مربوط به تیمار بدون محلول پاشی (۷۲/۸۵) بود.

گزارش شده که محلول پاشی با اسید آبسازیک موجب افزایش تجمع پرولین و قندها می شود و تجمع این ترکیبات به عنوان آسمولیت های آلی نقش به سزایی در تنظیم اسمزی و حفظ محتوای نسبی آب دارد و کاهش اثر تنش خشکی دارد (Pirghasemian and Morady, 2017). قابلیت تنظیم اسمزی به میزان کاهش پتانسیل آب بستگی دارد و می توان گفت تنظیم اسمزی یکی از مکانیسم های مقاومت در برابر خشکی است که موجب حفظ محتوای نسبی آب برگ می شود (Zafary et al., 2012). گزارش شده که محلول پاشی با متیل جاسمونات موجب افزایش مقدار قند و محلول پرولین در برگ گیاه نعنای فلفلی (*Mentha piperita* L. شد و محتوای نسبی برگ را تحت تنش شوری افزایش داد (Vatankhah et al., 2016). بنابراین این احتمال وجود دارد که اسید جاسمونیک به عنوان یک تنظیم کننده می تواند تولید مواد تنظیم کننده اسمزی به ویژه ساخت قندها و پرولین را در جهت القا کند که در نهایت موجب حفظ محتوای نسبی آب گیاه شود. بنابر نتایج این تحقیق تنش خشکی سبب کاهش کلروفیل در گیاه گلرنگ شد و محلول پاشی با اسید آسکوربیک و اسید آبسازیک موجب افزایش میزان کلروفیل a و b شد کاهش میزان کلروفیل a و b تحت شرایط تنش خشکی در گیاه گلرنگ توسط Ashrafy, Razmjoo (2009) نیز گزارش شده است گزارش شده که کاهش در میزان

کلروفیل a و b تحت شرایط تنش خشکی به علت تخریب بیشتر کلروفیل نسبت به سنتز آن است (Thalooth et al., 2006). از دلایل دیگر کاهش مقدار رنگیزه های فتوسنتزی در وضعیت تنش، می توان عمدتاً به موارد تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل ها و واکنش آنها با اکسیژن یکتایی، تخریب پیش ماده های سنتز کننده کلروفیل و ممانعت از بیوسنتز کلروفیل های جدید و فعال شدن آنزیم های تجزیه کننده کلروفیل از جمله کلروفیلاز و اختلالات هورمونی اشاره کرد (Neocleous and Vasilakakis, 2007).

اسید آبسازیک به عنوان یک ترکیب آنتی اکسیدان از طریق جاروب نمودن ترکیبات اکسید کننده از آسیب های اکسیداتیو ناشی از تجمع انواع گونه های فعال اکسیژن رنگیزه های فتوسنتزی مانند کلروفیل می کاهد (Dolatabadian et al., 2009). نتایج این پژوهش با نتایج Dolatabadian و همکاران (۲۰۰۹) مبنی بر اینکه محلول پاشی با اسید آبسازیک موجب افزایش میزان کلروفیل a و b در گیاه ذرت شد مطابقت دارد با توجه به نتایج این پژوهش مشاهده شد که محلول پاشی با اسید جاسمونیک نیز میزان کلروفیل را افزایش داد. به نظر می رسد کاربرد خارجی اسید جاسمونیک نیز مانند محلول پاشی با اسید آبسازیک به دلیل خواص ضد اکسیداسیونی، موجب حفاظت از رنگیزه های فتوسنتزی در برابر ترکیبات اکسید کننده شده و از تخریب آنها جلوگیری کرده است. در آزمایشی کاربرد اسید جاسمونیک با غلظت ۰/۵ میلی مولار در چند گونه از جنس براسیکا که به مدت ۱۰ روز در معرض تنش خشکی قرار گرفته بودند سبب افزایش وزن تر، محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب برگ تمام گونه های مورد آزمایش در مقایسه با شاهد گردید (Mahabub Alam et al, 2014).

گلرنگ در اثر تیمارهای مختلف آبیاری تغییر اندکی می‌کند اما این تغییر معنی‌دار است (Ashrafi and Razmjoo, 2010). از جمله دلایلی که برای تغییرات اندک درصد روغن دانه در شرایط تیمارهای مختلف آبیاری آورده شده این است که مقدار روغن دانه صفتی کمی است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود و بنابراین احتمال آسیب دیدن تمامی ژنهای کنترل کننده این صفت بسیار کم است (Jensen et al., 1996).

تحت تأثیر محلول پاشی با اسید آبسازیک درصد روغن دانه افزایش پیدا کرد. مطابق با نتایج این پژوهش محققان مختلفی (Helmy, 2014; Osman et al., 2014). نتایج مشابهی در رابطه با اثر اسید آبسازیک بر افزایش درصد روغن دانه گیاهان مختلف گزارش کرده اند. محلول پاشی با اسید جاسمونیک نیز موجب افزایش درصد روغن دانه شد. به نظر می‌رسد که اسید آبسازیک و اسید جاسمونیک از طریق کاهش ترکیبات اکسید کننده و افزایش جذب عناصر غذایی موجب بهبود شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول شده و در نهایت با افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه میزان سنتز روغن را افزایش داده اند.

بین رقم‌های گلرنگ تفاوت‌های معنی داری از نظر عملکرد دانه در واحد سطح گزارش شده است عملکرد دانه حاصل ضرب اجزا عملکرد، یعنی تعداد واحد زایشی در واحد سطح، تعداد دانه در واحد زایشی و متوسط وزن هزار دانه است رقم سینا دارای تعداد واحد زایشی و وزن دانه بیشتری است که زمینه را جهت افزایش عملکرد این رقم در مقایسه با سایر رقمهای مورد بررسی ایجاد نموده است.

به نظر می‌رسد علت افزایش عملکرد دانه تحت تأثیر محلول پاشی با اسید آبسازیک و اسید جاسمونیک به علت خواص آنتی اکسیدانی این

نتایج این پژوهش با نتایج Beljany, Shekary (2012) مبنی بر اینکه تنش کم آبی موجب کاهش شاخص سطح برگ در رقم‌های گلرنگ می‌شود، مطابقت دارد. اسید آبسازیک به عنوان یک ترکیب آنتی اکسیدان از طریق جاروب نمودن ترکیبات اکسید کننده مانند هیدروژن پراکسید از بسته شدن روزنه‌ها توسط هیدروژن پراکسید کاسته و همچنین از آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تجمع انواع گونه‌های فعال اکسیژن بر آنزیم‌های چرخه کالوین و رنگیزهای فتوسنتزی مانند کلروفیل می‌کاهد (Dolatabadian et al, 2009) و نقش اسید جاسمونیک به عنوان یک جاروب کننده ترکیبات اکسید کننده که موجب بهبود رنگدانه‌های فتوسنتزی، محتوای رطوبت نسبی و میزان فتوسنتز می‌شود، بر می‌گردد (Joseph et al., 2010). تأثیر محلول پاشی با اسید جاسمونیک در بهبود شاخص سطح برگ در گیاه گلرنگ توسط (Ghassemi-Golezani and Hosseinzadeh, 2015) نیز گزارش شده است.

در این پژوهش تفاوت معنی دار در روغن دانه در رقم سینا و فرامان با رقم گلدشت به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی در رابطه با ژنهای کنترل کننده میزان روغن دانه و همچنین سازگاری بیشتر رقم سینا و فرامان با شرایط محیطی بوده است که موجب افزایش بهره برداری از پتانسیل‌های محیطی و افزایش سنتز مواد فتوسنتزی و تخصیص آن به دانه شده و میزان سنتز روغن را افزایش داده است. از سوی دیگر به نظر می‌رسد که طول دوره پرشدن دانه در رقم سینا و فرامان در مقایسه با رقم گلدشت بیشتر بوده و فرصت بیشتری جهت سنتز روغن ایجاد نموده است. نتایج به دست آمده با نتایج گزارش شده Razmjoo و Ashrafi (2010) مبنی بر تفاوت معنی دار بین رقم‌های گلرنگ تحت رژیم‌های کم آبیاری از نظر درصد روغن مطابقت دارد. گزارش شده که درصد روغن دانه

ترکیبات بوده که با جاروب کردن ترکیبات اکسید کننده موجب بهبود رنگدانه‌های فتوسنتزی، محتوای رطوبت نسبی و میزان فتوسنتز شده اند و با بهبود وضعیت فتوسنتز و کاهش ترکیبات اکسید کننده میزان توسعه سلولی افزایش و میزان تنفس کاهش یافته و در نهایت سطح برگ و سرعت رشد محصول افزایش یافته و موجب افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به اغازه‌های رویشی شاخه‌ها شده و تعداد شاخه‌ها افزایش یافته و زمینه را جهت افزایش تعداد غوزه در بوته گلرنگ فراهم نموده است و از سوی دیگر افزایش میزان مواد فتوسنتزی موجب افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به غوزه و دانه شده و موجب حفظ غوزه‌ها شده و از سقط دانه‌ها نیز جلوگیری کرده و طول دوره پر شدن دانه را نیز افزایش داده و در نهایت با توجه به موارد بیان شده این ترکیبات (اسید جاستونیک و اسید آبسازیک) موجب افزایش عملکرد دانه شده‌اند.

نتیجه‌گیری نهایی

براساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، محلول پاشی با اسید جاسمونیک و اسید آبسازیک در رفع اثرات منفی تنش کم آبی نقش داشت و کاربرد آن به طور موثری موجب بهبود صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد گیاه گلرنگ شد و می توان اظهار داشت که تنش خشکی رشد و عملکرد گلرنگ را محدود ساخته و تفاوت‌های موجود در بین ارقام و همچنین تأثیر محلول پاشی با اسید جاسمونیک و اسید آبسازیک جهت افزایش میزان صفات مورد بررسی می‌تواند در انتخاب رقمها و ترکیبات مناسب جهت کاهش اثرات نامطلوب تنش کم آبیاری به منظور دستیابی به افزایش عملکرد دانه و عملکرد روغن مورد استفاده قرار گیرد. احتمالاً این ترکیبات با افزایش فعالیت ترکیبات آنتی اکسیدان و کاهش اکسیداسیون سلول‌ها و افزایش فتوسنتز موجب افزایش عملکرد دانه و عملکرد روغن در رقم‌های گیاه گلرنگ شده‌اند. بنابراین محلول

Arab و همکاران (2017) گزارش کردند که محلول پاشی با اسید آبسازیک موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه گلرنگ شد. همچنین مرادی تو چایی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که محلول پاشی با اسید آبسازیک موجب افزایش درصد روغن در گیاه بادام زمینی (*Arachis hypogaea*) شد. کاهش عملکرد دانه تحت تأثیر تیمار کم آبیاری در گیاه گلرنگ به دلیل افزایش رقابت بین گیاهان برای آب و کاهش تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غوزه و وزن هزار دانه گیاه است (Khalily et al., 2013). مطابق با نتایج این تحقیق گزارش شده که محلول پاشی با اسید جاسمونیک موجب افزایش عملکرد دانه گلرنگ می‌شود (Ghassemi-Golezani and Hosseinzadeh, 2015).

با توجه به اینکه عملکرد روغن از حاصل ضرب عملکرد دانه و درصد روغن حاصل می‌شود به نظر

پاشی با اسید جاسمونیک و اسید آبسازیک جهت
کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی بر گیاه گلرنگ

References

- Abaspor, H. and Rezaei, H. (2014). Effects of salicylic acid and jasmon acid on hill reaction and photosynthetic pigment (*Dracocephalum moldavica* L.) in different levels of drought stress. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 2: 2850-2859.
- Ahmadzadeh, S., Kadivar, M. and Saeidy, G.H. (2019). Investigating oil properties and seed composition in a number of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) lines and varieties. *Iranian food science and Technology Research Journal*. 5(2):136-150.
- Arab, S., Baradaran Firozabady, M. and Asghary, H. (2017). The effect of foliar spraying of abscisic acid and sodium nitroprusside on photosynthetic pigments and some traits of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under the stress of lack of irrigation. *Plant Production*. 38:14-105.
- Asghari, B. and Gharibi Asl, S. (2016). The oil and protein content of Isfahan's safflower in different periods of irrigation, levels of humic acid and superabsorbent. *International Journal of Life Science and Pharma Research*, 1: 56-63.
- Ashrafi, E. and Razmjoo, K.H. (2010). Effect of irrigation regimes on oil content and interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*. 193: 30-50.
- Ashrafiy, A., and Razmjo, J. (2009). Investigation of hydropriming on physiological and biochemical properties of safflower (*Carthamus Tinctorius* L.) under drought stress. *Journal of Crop Ecophysiology*. 1:35-43.
- Barrsu, H. D. and Weatherley, P. E. (1962). A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences* 15: 413-428.
- Behdany, Y., and Jamyalahmady, M. (2010). Reaction of spring safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.) to different irrigation intervals in Birjand conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 9(22): 265-272.
- Beljany, R., and Shekary, F. (2012). The effect of pretreatment with salicylic acid on the relationships between growth and yield indicators in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under late season drought stress conditions. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 22(1): 87-108.
- Dolatabadian, A., Modares Sanavy, A. M. and Asilan, K. (2009). Effect of abscisic acid foliar application on yield, yield component and several morphological traits of grain corn under water deficit stress conditions. *Notulae Scientia Biologicae* 2: 45-50.
- Fanaei, H. and Piry, A. (2017). The effect of seed priming on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed and oil yield under low irrigation conditions. *Iranian Journal of Seed and Research*, 2: 59-90.
- Ghassemi-Golezani, K. and Hosseinzadeh-Mahootchi, A. (2015). Improving physiological performance of safflower under salt stress by application of salicylic acid and jasmonic acid. *Walia Journal* 31: 104-109.
- Helmy, A. M. (2014). Seed and oil productivity upon foliar spray of soybean (*Glycine max* L.) With humic and abscisic acids with or without seed irradiation. *Egypt Journal Soil Science* 54: 1-20.
- Jamali, M. M. (2013). Investigate the effect of drought stress and different amount of chemical fertilizers on some physiological characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International Journal of Farming and Allied Sciences*. 2: 872-879.
- Jensen, C. R., Morgensen, V.O., Mortensen, G. and Fieldsend, J. K. (1996). Lucosinolate G, oil and protein of field grown rape affected by soil drying and evaporative demands. *Field Crop Research*. 47: 693-705.
- Joseph, B., Jini, D. and Sujatha, S. (2010). Insight into the role of exogenous salicylic acid on plants grown under salt environment. *Asian Journal of Crop Science*. 2: 226-235.

- Kafy, M. and Rostamy, M. (2007). Effect of drought on yield, yield components and oil percentage of safflower cultivars under saline water irrigation conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 5:121-131.
- Khalily, M., Taghavy, M., and Poraboghadaresh, A. (2013). Evaluation of seed yield and some agronomic and morphological traits in spring safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.) under irrigated and rainfed conditions. *Journal of Crop Breeding*. 16:1-148.
- Lisar, S., Hossain, M. and Rahman, M. (2012). Water stress in plants: cause, effect and responses. In: Rahman M. (Ed). *Water stress*. (pp.1-14). In Tech Publication.
- Mahabub Alam, M. D., Kamrun, N., Hasanuzzaman, M. and Masayuki, F. (2014). Exogenous jasmonic acid modulates the physiology, antioxidant defense and glyoxalase systems in imparting drought stress tolerance in different Brassica species. *Plant Biotechnology Reports*. 8: 279-293.
- Matrin, D., Tholl, D. and Bohlamna, J. (2002). Methyl jasmonate induced traumatic resin ducts, terpenoid resin biosynthesis, and terpenoid accumulation in developing xylem of Norway spruce stems. *Plant Physiology*. 129: 1003-18.
- Morady Tochy, M., Seif Zadeh, S., Zakerian, H.R. and ValadAbady, A.R. (2017). Investigating the effect of methanol and abscisic acid foliar spraying on the growth and yield of peanut (*Arachis hypogaea*) under dry conditions. *Crop Physiology Journal*. 9: 65-82.
- Neocleous, D. and Vasilakakis, M. (2007). Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L.). *Scientia Horticulturae*. 112: 282-289.
- Oliviera-Neto, C. F., Silva-Lobato, A. K., Goncalves-Vidigal, M.C., Costa, R. C. L., Santos.Filho, B. G., Alves, G. A. R., Silva-Maia, W. J. M., Cruz, F. J. R., Neres, H. K. B. and Santos Lopes, M. J. (2009). Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. *Science and Technology*. 7: 588-593.
- Osman, E. A. M., El-Galad, M. A., Khatab, K. A. and El-Sherif, M. A. B. (2014). Effect of compost rates and foliar application of abscisic acid on yield and nutritional status of sunflower plants irrigated with saline water. *Global Journal of Scientific Researches*. 2: 193-200.
- Prochazka, S., Machackova, I., Kreekule, J. and Sebanek, J. (1998). *Plant physiology*. Academia Praha.
- Salimy, F., and Shekary, F. (2012). Effect of methyl jasmonate and salinity stress on some morphological characteristics and flower performance in German chamomile (*Matricaria chanaonilia* L.). *Iranian Journal of Plant Biology*. 4:27-38.
- Shigeoka, S., Ishikawa, T., Tami, M. and Miagawa, Y. (2012). Regulation and function of abscisic peroxidase isoenzymes. *Journal Experiment Botany*. 53: 1305-1319.
- Silva, M. A., Jifon, J. L., Silva, J. A. G. and Sharma, V. (2007). Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 19: 193-201.
- Sinclair, T. R. and Ludlow, M. M. (1985). Who thought plant thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. *Australia Journal Plant Physiology*. 33: 312-317.
- Thalooth, A. T., Tawfik, M. M. and Magda Mohamed, H. (2006). A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plant grown under water stress conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*. 2: 37-46.
- Vatankhah, A., Kalantary, B. and Andaliby, B. (2016). The effect of methyl jasmonate on some physiological and biochemical responses of peppermint plant (*Mentha piperita* L.) under salt stress. *Journal of Plant Procsee and Function*. 5:158-171.
- Wu, H., WU, X. and Zhang, M. (2012). Physiological evaluation of drought stress tolerance and recovery in cauliflower seedling treated with methyl jasmonic and coronation. *Plant Growth Regul.* 31: 113-123.
- Yari, P., Keshtkar, A.M. and Sephry, A. (2014). Investigating the effect of moisture stress on the growth and performance of spring safflower. *Plant Production Technology*. 14:102-116.
- Zafary, M., Ebady, A., Jahanbakht, S., and Sedghy, M. (2012). The effect of brassinosteroids on the tolerance of safflower cultivars to drought stress in Ardabil. *Journal of Crop Production*. 10:17-31.